

Beschreibung

5

Bioreaktor

Die Erfindung betrifft einen Bioreaktor gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, eine für einen derartigen Bioreaktor geeignete mikrobiotische Mischung
10 sowie einen Nachrüstsatz für eine Kleinkläranlage, der mit einem derartigen Bioreaktor ausgeführt ist.

Wenn einem Grundstücksbesitzer von der Stadt oder Gemeinde kein eigener Anschluss einer Sammelentwässerung
15 erstellt werden kann, muss dieser in der Regel eine Kleinkläranlage errichten, wenn die Abwasserbeseitigungspflicht auf ihn übertragen wurde. Derartige Kleinkläranlagen sind innerhalb des zu entwässernden Grundstückes eingebaut und dienen im
20 allgemeinen zur Behandlung des häuslichen Schmutzwassers. Das behandelte Abwasser wird nach Durchfließen der Kleinkläranlage entweder versickert - soweit der Untergrund aufnahmefähig genug ist - oder dem nächsten offenen Gewässer zugeleitet.

25

Zur mechanischen Reinigung des Abwassers werden häufig Mehrkammer-Absetzgruben verwendet, in denen die ungelösten Stoffe durch Absetzen zum Boden oder durch Aufschwimmen zur Oberfläche aus dem Abwasser entfernt
30 werden. Mehrkammer-Absetzgruben können beispielsweise als Zwei- oder Dreikammergruben aufgebaut sein, wobei diese Kammern in einem gemeinsamen Behältnis ausgebildet und so mit einander verbunden werden, dass das Wasser ohne die abgesetzten oder aufgeschwommenen ungelösten Stoffe die
35 Kammern durchströmen kann.

Insbesondere ältere Häuser und Grundstücke sind häufig mit derartigen Mehrkammer-Absetzgruben versehen, deren Reinigungsleistung jedoch den gesetzlichen Vorschriften in der Regel nicht genügt. Aufgrund der hohen Investitionskosten für den Bau einer neuen Kleinkläranlage mit mechanischer und biologischer Trennstufe wird es häufig bevorzugt, die bestehenden Mehrkammeranlagen mit einer biologischen Stufe nachzurüsten.

10

Der zuverlässige Abbau organischer Schadstoffe im Abwasser, Abluft oder in Feststoffen, beispielsweise kontaminierter Bausubstanz, in deren Porensystem sich während der zurückliegenden Hochwasser Ölrückstände gesammelt hatten, die durch austretendes Heizöl verursacht wurden, ist eine wesentliche Anforderung an moderne Aufbereitungsanlagen.

15

In den Druckschriften DE 100 62 812 A1 und DE 101 49 447 A1 wird vorgeschlagen, diese unerwünschten organischen Bestandteile in Fluiden und Feststoffen durch eine mikrobiotische Mischung abzubauen, die einen Anteil an photosynthetisch wirkenden und einen Anteil an lichtemittierenden Mikroorganismen enthält. Diese Mischkultur wurde mit großem Erfolg bei der Reinigung von kommunalem und industriellem Abwasser sowie bei der Sanierung von mit Ölrückständen kontaminierter Bausubstanz eingesetzt.

20

25

In der nachveröffentlichten Patentanmeldung DE 102 53 334 erfolgt eine Weiterbildung der mikrobiotischen Mischkultur dadurch, dass diese so modifiziert ist, dass während des Abbauprozesses Photosensibilisatoren in die Zellen der organischen Schadstoffe eingelagert werden und dann durch Anregung dieser Photosensibilisatoren mit Licht Singulett-Sauerstoff oder sonstige Radikale

30

35

gebildet werden, die den Abbau der organischen Bestandteile beschleunigen.

Es zeigte sich jedoch, dass diese mikrobiotischen
5 Mischkulturen bei bestimmten Anwendungsfällen nicht den für den zuverlässigen Abbau der organischen Bestandteile erforderlichen Wirkungsgrad entfalten.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe
10 zugrunde, einen Bioreaktor zu schaffen, mit dem bei einfachem apparatetechnischen Aufbau ein zuverlässiger Abbau von organischen Schadstoffen in Fluiden ermöglicht ist. Mit der Erfindung soll des Weiteren eine mikrobiotische Mischkultur geschaffen werden, die in
15 einem derartigen Bioreaktor einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Bioreaktors durch die Merkmalskombination des Patentanspruchs 1, hinsichtlich der mikrobiotischen Mischkultur durch die
20 Merkmale des nebengeordneten Patentanspruchs 19 und durch einen Nachrücksatz für Kläranlagen mit den Merkmalen des Patentanspruchs 24 gelöst.

Erfindungsgemäß wird ein Bioreaktor vorgeschlagen,
25 der einen Behälter mit Ausnehmungen aufweist, durch die hindurch das mit Organik beladene Abwasser hindurch treten kann. Im Inneren des Behälters ist ein Füllkörper, im Folgenden auch Träger genannt, angeordnet, der mit einer vergleichsweise großen spezifischen Oberfläche
30 ausgeführt ist, so dass eine große Stoffaustauschfläche zum Aufschluss und zur Umsetzung der biologischen Bestandteile des Abwassers zur Verfügung steht. Im Inneren des Behälters sind erfindungsgemäß noch Mikroorganismen zum Abbau dieser organischen Komponenten
35 vorgesehen. Diese Mikroorganismen setzen sich als Biofilm im Porensystem des porösen Trägers an, so dass aufgrund

der wirksamen Stoffaustauschfläche eine äußerst effektive biologische Umsetzung ermöglicht ist.

5 Dieser Träger wird vorteilhafter Weise spiralförmig
in den Behälter eingebracht, wobei entweder der Träger
mit Bezug zum Behälter oder dieser mit dem Träger drehbar
gelagert ist. Durch geeignete Strömungsführung und/oder
Beschichtung - darauf wird weiter unten eingegangen - des
10 Behälters und aufgrund des spiralförmigen Aufbaus des
Trägers kann dieser oder der gesamte Behälter in Rotation
versetzt werden, so dass die Durchmischung verbessert und
der biologische Umsatz gegenüber herkömmlichen
Konstruktionen erhöht wird.

15 Der Träger kann entweder durch ein mit einem
Porensystem ausgeführtes Material gebildet sein, das auf
eine Tragschicht aufgebracht wird oder aber das möglicher
Weise mechanisch nicht sehr stabile Material mit großer
spezifischer Oberfläche kann zwischen eine stabile,
20 gelochte Doppelwandung eingebracht werden, über die die
mechanische Festigkeit des Trägers bestimmt wird.
Prinzipiell ist es auch möglich, den Träger aus einem
porösen Material, beispielsweise einem Keramikmaterial
mit großer spezifischer Oberfläche auszubilden.

25 Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der
Erfindung wird der poröse Träger durch ein Schaummaterial
beispielsweise Polyurethanschaum gebildet, der mit einem
katalytisch wirkenden und/oder eine große Sorptionsfläche
30 zur Verfügung stellenden Material, beispielsweise durch
Aktivkohle belegt ist.

 Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird es
bevorzugt, wenn eine Großfläche des vorzugsweise
35 spiralförmig ausgebildeten Trägers mit einem die Bildung
eines Biofilms unterstützenden Material, beispielsweise

Aktivkohle und die andere Großfläche mit einem die mikrobiotische Mischung enthaltenden Trägerstoff beschichtet ist. Bei diesem Aufbau bildet sich dann einerseits ein Biofilm aus, während andererseits an der mit den Mikroorganismen versetzten Schicht die Bildung eines Biofilms durch katalytische Aktivitäten verhindert wird.

Die für die biologische Umsetzung erforderlichen Mikroorganismen werden entweder im Porensystem des Trägers durch eine geeignete Verfahrensführung vorab angelagert oder sie werden kontinuierlich dem Prozess zugeführt.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die photokatalytische Schicht sowohl auf der Innenumfangsfläche als auch auf der Aussenumfangsfläche des Behälters aufgebracht. Dabei wird es besonders bevorzugt, wenn die photokatalytische Schicht auf der Aussenumfangsfläche streifenförmig aufgebracht ist, wobei diese Streifen in Längsrichtung des Bioreaktors verlaufen können - d. h., bei einem zylinderförmigen Bioreaktor verlaufen diese Streifen parallel zur Längsachse.

25

Die Ausnehmungen des Behälters werden vorzugsweise durch Stanzen ausgebildet, wobei sich die Stanzgrate nach innen, in den umgriffenen Innenraum des Bioreaktors hinein erstrecken. Durch diese vergleichsweise scharfen Stanzgrate werden Fehlstellen in der Beschichtung ausgebildet, an denen sich im Betrieb bevorzugt ein Biofilm ausbildet.

Die Effektivität des Bioreaktors lässt sich weiter erhöhen, wenn auf die Behälterwandungen und/oder auf den Träger zumindest partiell eine photokatalytischen

Schicht, beispielsweise aus Titandioxid oder Indiumzinnoxid aufgebracht wird.

Der Behälter kann zylinderförmig mit einer von unten
5 her offenen Stirnfläche oder trichterförmig ausgebildet
sein. Im letztgenannten Fall sind die Seitenwandungen des
sich nach unten, verjüngenden Behälters mit Ausnehmungen
für das Abwasser versehen, während die untere Stirnfläche
geschlossen ist. D.h. im letztgenannten Fall erfolgt die
10 Durchströmung etwa in Radialrichtung, während im
erstgenannten Fall eine Durchströmung in Axialrichtung
von unten nach oben erfolgt.

Der Bioreaktor wird für den Einsatz in einer
15 Kläranlage mit so viel Auftrieb versehen, dass er in der
Kammer beispielsweise einer Mehrkammergrube schwimmt.
Dabei wird es bevorzugt, wenn der Siebkorb in
Vertikalrichtung verschiebbar geführt ist, so dass eine
Anpassung an einen sich verändernden Flüssigkeitsspiegel
20 möglich ist.

Wie erwähnt können die Mikroorganismen in das
Trägermaterial eingebracht werden. Bei einer bevorzugten
Lösung werden die Mikroorganismen in Chitosan oder einem
25 Biopolymer gebunden und der Träger, vorzugsweise der mit
Aktivkohle beschichtete PU-Schaum mit dieser Mischung
getränkt.

Die erfindungsgemäße mikrobiotische Mischung enthält
30 neben den lichtemittierenden und photosynthetisch
wirkenden Mikroorganismen noch einen Anteil an Nano-
Composite-Materialien, mit einem vorzugsweise
piezoelektrischen Kern, dessen Oberfläche mit einer
photokatalytisch wirksamen Schicht versehen ist.

Dieses Nano-Composite-Material hat bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eine faserförmige Struktur mit einer Länge von 20 bis 100nm und einem Durchmesser von 2 bis 10nm.

5

Die photokatalytisch wirksame Beschichtung ist zum Ausbilden von Polstellen mehrfach durchbrochen. Bei den vorbeschriebenen faserförmigen Strukturen werden die Pole dabei stirnseitig ausgebildet.

10

Der erfindungsgemäße Bioreaktor lässt sich mit minimalem Aufwand zur Nachrüstung einer Kleinkläranlage einsetzen, kann jedoch auch eigenständig als Stufe einer Aufbereitungsanlage eingesetzt werden.

15

Sonstige vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

20

Figur 1 eine Prinzipdarstellung einer Mehrkammergrube mit nachgerüsteter biologischer Stufe;

25

Figur 2 einen Bioreaktor der biologischen Stufe gemäß Figur 1;

Figur 3 eine Schnittdarstellung des Bioreaktors aus Figur 2;

30

Figur 4 eine Prinzipdarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines Bioreaktors für eine nachgerüstete Kleinkläranlage gemäß Figur 1;

35

Figur 5 eine Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels eines zylinderförmigen Bioreaktors;

Figur 6 eine Ansicht eines Füllkörpers des Bioreaktors aus Figur 5;

Figur 7 eine Detaildarstellung der Wandung eines Siebbehälters des Bioreaktors aus Figur 5;

Figur 8 einen Schnitt durch die Wandung aus Figur 8;

Figur 9 eine Prinzipdarstellung eines elektromagnetischen Feldes, das sich im Betrieb des Bioreaktors über einem Partikel aus Nano-Composite-Material einstellt und

Figur 10 ein Schaubild zum Ablauf eines photodynamischen Abbaus, der bei Einsatz des erfindungsgemäßen Bioreaktors abläuft.

20

Figur 1 zeigt einen Schnitt durch eine Kleinkläranlage 1 mit einer mechanischen Stufe, die durch eine Dreikammer-Absetzgrube 4 ausgebildet ist. Derartige Mehrkammer-Absetzgruben finden sich noch - insbesondere im ländlichen Raum - auf einer Vielzahl von Anwesen. Es handelt sich dabei im Prinzip um einen Behälter 6, der durch eine Trennwandung 8 in drei Teilkammern unterteilt ist, von denen in Figur 1 lediglich eine erste Kammer 10 und eine weitere Kammer 12 dargestellt sind. Das zu reinigende Abwasser strömt der Dreikammer-Absetzgrube durch einen Zufluss 14 zu und tritt in eine erste - nicht dargestellte - Kammer ein und kann durch Durchlässe 16 in den Wandungen 8 in die nächste Teilkammer 12 und von dort in die letzte Teilkammer 10 abströmen. In den einzelnen Kammern 10, 12 setzen sich absetzbare Stoffe durch Sedimentation ab, während Schwimmstoffe auf der

Flüssigkeitsoberfläche 18 aufschwimmen. Der Abfluss 20 ist so gewählt, dass die Sedimente und die Schwimmstoffe in den Kammern 10, 12 verbleiben und das gereinigte Abwasser ohne diese Störstoffe abgeführt wird.

5

Zur biologischen Aufbereitung ist in der Kammer 10 der Bioreaktor 2 als Nachrüstsatz vorgesehen, der eine biologische Stufe darstellt. Der Hauptbestandteil dieses Bioreaktors ist ein Behälter oder Siebkorb 22, der beim
10 dargestellten Ausführungsbeispiel als Schwimmkörper ausgebildet ist, d.h. er hat genügend Auftrieb, dass er in dem biologisch zu behandelnden Abwasser schwimmt. Zur Lagepositionierung des Siebkorbs 22 ist in der Kammer 10 eine Vertikalführung 24 angeordnet, die beispielsweise an
15 der Trennwandung 8 und/oder den Seitenwandungen der Dreikammer-Absetzgrube 6 abgestützt sein kann (siehe gestrichelte Linien in Figur 1). Der Siebkorb 22 ist entlang dieser Vertikalführung 24 in X-Richtung in Figur 1 verschiebbar angeordnet, so dass er je nach
20 Flüssigkeitsspiegel 18 innerhalb der Kammer 10 als Schwimmkörper auf- oder abbewegbar ist.

In den Siebkorb 22 sind katalytisch wirkende Oberflächen eingebracht, durch die eine bestimmte
25 mikrobiotische Mischung einen Biofilm ausbildet. Diese mikrobiotische Mischung besteht bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem Anteil photosynthetisch wirkenden und einem Anteil lichtemittierenden Mikroorganismen. Das Wechselspiel zwischen den
30 photosynthetisch arbeitenden Mikroorganismen und den Leuchtbakterien führt dazu, dass die photosynthetisch arbeitenden Mikroorganismen durch das emittierte Licht zur Photosynthese angeregt werden. Die Mikroorganismen betreiben die Photosynthese mit Schwefelwasserstoff und
35 Wasser als Edukt und setzen Schwefel bzw. Sauerstoff frei. Ferner können sie Stickstoff sowie Phosphat binden

und organische sowie anorganische Materie abbauen. Hinsichtlich der konkreten Zusammensetzung dieser mikrobiotischen Mischkultur wird der Einfachheit halber auf die Patentanmeldungen DE 100 62 812 A1 und DE 101 49 447 A1 der Anmelderin verwiesen. Mit Hinweis auf diese
5 Anmeldung werden nach der Beschreibung der Ausführungsbeispiele nur die wesentlichen Schritte dieses photodynamischen Abbaus erläutert.

10 Durch Zusammenwirkung der mikrobiotischen Mischung sowie der katalytischen Oberflächen des Siebkorbes 22 kommt es zu einem photodynamischen Abbau organischer Substanzen. Dieser photodynamische Abbau von Substanzen ist beispielsweise in der Anmeldung DE 102 53 334 der
15 Anmelderin beschrieben.

Der Aufbau des Siebkorbs 22 wird im folgenden anhand der Figuren 2 und 3 erläutert.

20 Bei dem in diesen Figuren dargestellten Ausführungsbeispiel hat der Siebkorb 22 in der Seitenansicht (Figur 1) eine etwa trichterförmige Geometrie, so dass sich der Durchmesser des Siebkorbs 22 von der Flüssigkeitsoberfläche 18 weg nach unten hin
25 kegelförmig verjüngt. Die Seitenwandungen des Siebkorbs 22 sind bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus Edelstahl hergestellt und können zumindest partiell mit einer photokatalytisch wirkenden Beschichtung versehen sein. Diese Beschichtung kann - wie in Figur 2 mit den
30 strichpunktierten und doppelt gepunkteten Linien angedeutet - an der Innenumfangswandung des Siebkorbs 22 und/oder an der Außenumfangswandung ausgebildet sein. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Siebkorb 22 aus V4A hergestellt und mit einer Titandioxid-
35 Beschichtung versehen. Anstelle dieses Titandioxids kann auch Indiumzinnoxid oder dergleichen verwendet werden.

Die Außenumfangswandung des Siebkorbs 22 ist mit einer Vielzahl von Durchbrüchen 26 versehen, so dass das biologisch zu stabilisierende Abwasser von der Kammer 10 ins Innere des Siebkorbs 22 gelangen kann. Die untere 5 Stirnfläche 28 des Siebkorbs ist verschlossen, so dass die Einströmung in den Siebkorb 22 im wesentlichen in Radialrichtung erfolgt. Die obere Stirnfläche kann ebenfalls verschlossen sein. In dem Fall, in dem diese obere Fläche oberhalb des Flüssigkeitsspiegels liegt, 10 kann auf ein Verschließen verzichtet werden. Im Innenraum des Siebkorbs 22 ist ein auswechselbarer Füllkörper 30 aufgenommen, der in der Draufsicht (Figur 3) eine spiralförmige Struktur aufweist. Dieser Füllkörper 30 besteht bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus 15 einem Trägermaterial, das beispielsweise ein spiralförmig gewendeltes Edelstahlblech sein kann. Diese Spiralform ist an die trichterförmige Struktur des Siebkorbs 22 angepasst, d.h. der Durchmesser der Spirale steigt in Axialrichtung von unten nach oben an. Die Spirale liegt 20 somit in Form einer Schraubenlinie innerhalb des Trichters, deren Durchmesser zyklonartig nach oben hin größer wird.

Auf diesem schraubenlinienförmig gewendelten Träger 25 aus Edelstahl ist beidseitig ein Schaummaterial, beispielsweise ein PU-Schaum aufgebracht, der mit Aktivkohle und ggfs. Nano-Composite-Material beschichtet oder versetzt ist. Durch den PU-Schaum wird ein Porensystem gebildet, dessen Wandungen mit Aktivkohle 30 beschichtet sind, so dass eine große Stoffaustauschfläche zur Verfügung gestellt wird.

Dieses mit Aktivkohle und den Nano-Composite-Teilchen beschichtete Porensystem bildet eine vergleichsweise 35 große Aufwuchsfläche zur Ausbildung eines Biofilms aus, in dem die vorbeschriebenen Mechanismen ablaufen.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist eine Seite des spiralförmigen Füllkörpers 30 mit der vorgenannten Aktivkohlebeschichtung versehen, während die andere Seite
5 zusätzlich noch mit einer photokatalytisch wirkenden Oberfläche, beispielsweise aus Titanoxid beschichtet ist, die auf die Aktivkohleschicht oder auf das poröse Material (beispielsweise Schaummaterial) aufgebracht ist. Über die letztgenannte photokatalytisch wirksame Schicht
10 wird der vorbeschriebene photodynamische Prozess beschleunigt, allerdings wird durch diese photokatalytischen Oberflächen die Ausbildung eines Biofilms behindert, so dass sich dieser an der nur mit Aktivkohle belegten Fläche ausbildet. Prinzipiell kann es
15 auch vorgesehen werden, die photokatalytisch wirksame Schicht und die Aufwuchsfläche (Aktivkohle) partiell, d.h. nur an bestimmten Wandungsbereichen nebeneinanderliegend aufzubringen.

20 Anstelle der Konstruktion mit einem mittigen Träger und einer beidseitigen Beschichtung kann auch ein poröser Körper (Schaum), der alleine nur eine unzureichende Festigkeit aufweist, verwendet werden. Zur Verbesserung der Festigkeit des Füllkörpers wird dieser Kern dann
25 zwischen eine Doppelwandung eines Trägers eingebracht, der wiederum aus Edelstahl oder einem anderen geeigneten Material, beispielsweise säurefestem Kunststoff, etc. hergestellt sein kann.

30 Die eingangs genannten Mikroorganismen können entweder zentral über einen Dosierschlauch in das Zentrum des spiralförmigen Füllkörpers 30 eingebracht werden. Es ist jedoch auch möglich, diese Mikroorganismen mit den Nano-Composite-Materialien bereits bei der Herstellung
35 des Füllkörpers ins Porensystem einzubringen. Sehr erfolgsversprechend waren Versuche, bei denen die

Mikroorganismen und Nano-Composite-Materialien in Chitosan gelöst und diese mit den Nano-Composite-Materialien versetzte Mischung dann - beispielsweise durch Tränken - auf den Füllkörper aufgebracht wird, so
5 dass ein kontinuierliches Zuführen von Mikroorganismen entfällt und lediglich in regelmäßigen Abständen ein Austausch des Füllkörpers 30 erforderlich ist.

Der Siebkorb 22 ist über Lager 34 drehbar an der
10 Vertikalführung 24 befestigt. Prinzipiell ist es auch möglich, nur den Füllkörper 30 drehbar zu befestigen, während der Siebkorb 22 - oder besser gesagt dessen Mantel - drehfest an der Vertikalführung 24 festgelegt ist, so dass der Füllkörper 30 mit Bezug zum Mantel
15 drehbar ist.

Durch die Temperaturerhöhung und durch eine Gasbildung während des eingangs beschriebenen biologischen Abbauprozesses und insbesondere durch die
20 Ausbildung eines elektrischen Wechselfeldes innerhalb des Siebkorbs 22 kommt es zu einer Rotation des Siebkorbs 22 oder des Füllkörpers 30, durch die einerseits die Durchmischung des zu behandelnden Abwassers innerhalb des Siebkorbs 22 und andererseits das Durchströmen des
25 Siebkorbs 22 verbessert wird, wobei der Schraubenlinien förmig gewellte Füllkörper 30 die Abwasserströmung unterstützt.

Das vorgenannte elektrische Wechselfeld entsteht bei
30 photodynamischen Prozessen und wird durch die photokatalytische wirksame Beschichtung 32 des Siebkorbs 22 sowie durch das Einbringen der Nanostrukturen unterstützt, deren Wirkweise später anhand Figur 9 erläutert wird. Falls die aus dem biologischen
35 Abbauprozess eingebrachte Energie nicht ausreicht, um den Füllkörper 30 oder den Siebkorb 22 rotieren zu lassen,

kann diesem ein eigener Antrieb zugeordnet sein, der unterstützend ein Drehmoment aufbringt, um die Rotation zu bewirken.

5 Figur 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Siebkorbs 22 eines Bioreaktors 2, der im Unterschied zum vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel nicht trichterförmig sondern zylinderförmig ausgebildet ist.

10 Der Mantel 36 des Siebkorbs 22 ist wieder beid- oder einseitig mit einer photokatalytisch wirksamen Beschichtung (Titandioxid, IndiumZinnoxid) versehen. Im Inneren dieses zylinderförmigen Mantels 36 ist wiederum ein schraubenlinienförmig gewendelter Füllkörper 30
15 angeordnet, der durch einen Träger mit einer Porenstruktur gebildet ist, die mit einer katalytischen Oberfläche, beispielsweise mit Aktivkohle beschichtet ist. Wie beim vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel kann partiell oder auf bestimmten Wandungsabschnitten des
20 Füllkörpers 30 wiederum eine photokatalytisch wirksame Oberfläche aus Titandioxid, IndiumZinnoxid aufgebracht werden.

 Konkret ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel
25 der Träger wiederum in Sandwichbauweise ausgeführt. Das eigentliche Trägermaterial besteht aus einem zwei bis drei Millimeter starkem VA-Gitterkörper, wobei die wendelförmige Struktur durch zwei Gitterflächen gebildet ist, zwischen denen - wie beim vorbeschriebenen
30 Ausführungsbeispiel - ein halbharter, offenzelliger PU-Schaum mit Aktivkohlebeschichtung eingebracht ist. Die auf der nach unten gerichteten Seite des Wendels angeordneten Gitterstäbe sind mit einer photokatalytischen Oberfläche versehen, die Maschenweite
35 beträgt an diesen nach unten weisenden Großflächen ca. 10 - 12 mm. An den die nach oben weisende Großfläche des

Wendels bildenden Gitterstäben ist keine Beschichtung vorgesehen. Die Maschenweite beträgt hier etwa 25 bis 30 mm.

5 Der PU-Schaum ist auf der nach unten weisenden Seite des Wendels mit einem gelartigen Material aus Chitosan beschichtet. In diesem Chitosan sind die Nano-Composite-Materialien eingebettet, welche jeweils ein
10 piezoelektrisches Keramik-System aus PZT-Kurzfasern mit photokatalytischen Beschichtungen darstellt. Ferner sind kläranlagentypische und biophysikalisch arbeitende Mikroorganismen mit eingebettet. Auf der Oberseite des PU-Schaumkerns sind im kationisch wirkenden Chitosan-Lactat nur aerobe Mikroorganismen eingebaut.

15 Wie bereits eingangs beschrieben, kommt es auf der Oberseite der Spirale sehr schnell zur Biofilmbildung, wobei auf der Unterseite des Sandwich-Körpers die Bildung eines Biofilms durch die photokatalytischen Aktivitäten
20 mit starker Gasbildung (Wasserstoff und Sauerstoff) verhindert wird. Die Innen- und Außenseite des zylinderförmigen Siebkorbs 22 ist wiederum - wie beim vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel - mit einer beständigen photokatalytischen Oberfläche versehen.

25 Auch bei diesem Ausführungsbeispiel vergrößert sich der Außendurchmesser des wendelförmigen Füllkörpers 30 von unten nach oben. Im Unterschied zum vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel ist bei dem in Figur 4 dargestellten
30 Siebkorb 22 die untere Stirnfläche als Eintrittsquerschnitt für das zu behandelnde Abwasser vorgesehen - der Umfangsmantel 36 ist wasserundurchlässig, so dass die Anströmung des Siebkorbs 22 nicht radial wie beim eingangs beschriebenen
35 Ausführungsbeispiel, sondern axial erfolgt.

Vorversuche zeigten, dass der PU-Schaum des Füllkörpers 30 dem Siebkorb 22 schon hinreichend Auftrieb verleiht. Sollte dieser Auftrieb nicht ausreichen, so kann - wie in Figur 4 angedeutet - im oberen Bereich des Siebkorbs 22 ein Auftriebskörper 38 vorgesehen werden, der den zylinderförmigen Mantel 36 ringförmig umgreift.

Anstelle des Aktivkohle beschichteten PU-Schaums kann auch Keramikmaterial verwendet werden, das ein hinreichendes Porenvolumen aufweist.

Der Vorteil des in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiels liegt in der wesentlich einfacheren Herstellbarkeit des Mantels 36 und in dem geringeren Druckverlust, der bei einer axialen Durchströmung zu erwarten ist.

Anhand der Figuren 5 bis 8 wird im folgenden ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Bioreaktors 2 erläutert.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Bioreaktor 2 zylinderförmig ausgebildet und hat einen stirnseitig offenen, zylinderförmigen Siebkorb 22, der bei diesem Ausführungsbeispiel aus einem Lochblech - vorzugsweise aus Edelstahl - hergestellt ist. Anstelle eines mit Durchbrüchen versehenen Mantels kann auch ein geschlossener Umfangsmantel verwendet werden, der nur stirnseitig offen ist. Der rohrförmige Siebkorb 22 hat beispielsweise eine Länge von etwa 110 cm und einen Durchmesser von 35 cm. Die im Rohrmantel ausgebildeten, vorzugsweise kreisförmigen Durchbrüche 26 haben beim dargestellten Ausführungsbeispiel einen Durchmesser von etwa 8 mm und einen Mittenabstand von 12 mm.

Der Siebkorb 22 umgreift den wendelförmig ausgebildeten Füllkörper 30, der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit einem gleichbleibenden Aussendurchmesser ausgeführt ist, wobei der
5 Innendurchmesser des Siebkorbs 22 nur geringfügig größer als der Aussendurchmesser D der Wendel des Füllkörpers 30 ausgebildet sind.

Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel besteht der
10 Füllkörper 30 aus einem Stützkörper 40, der im Wesentlichen aus einem koaxial zum Siebkorb 22 angeordneten Stahlrohr 42 und spiralförmig daran angeordneten Rundstäben 44 gebildet ist. Diese Rundstäbe 44 tragen eine spiralförmige Matte 46 aus PUR-Schaum. Die
15 Rundstäbe 44 sind rechtwinklig zur Stahlrohrachse 42 angeordnet und reichen bis knapp an die gelochte Umfangswandung des Siebkorbs 22 heran. Die PUR-Matte 46 ist dabei, wie aus Figur 6 hervorgeht, unterhalb der Rundstäbe 46 angeordnet, so dass sie in
20 Durchströmrichtung (von unten nach oben in Figur 6) abgestützt ist.

Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Siebkorb 26 stehend angeordnet und in diesem der
25 Füllkörper 30 drehbar gelagert.

Ähnlich wie beim vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel ist die PUR-Matte 46 mit einer katalytisch wirksamen Schicht, vorzugsweise einer Aktivkohlebeschichtung
30 versehen. Die von den Rundstäben 46 abgewandte, untere Großfläche der Matte 46 ist zusätzlich mit einem Biopolymer, beispielsweise einem Milchsäurepolymer (PLA) beschichtet. In diesem Biopolymer sind die eingangs beschriebenen Mikroorganismen und die Nano-Composite-
35 Materialien angeordnet. Zusätzlich oder anstelle der PLA kann auch Zucker-Melasse oder Chitosan-Lactat als

Trägermaterial eingesetzt werden. Die erfindungsgemäße mikrobiotische Mischung enthält des Weiteren noch Mikronährstoffe, wie beispielsweise Aluminium, Calcium, Kobalt, Kupfer, Eisen, Magnesium, Mangan, Molybdän, Kalium, Nickel, Selen, Schwefel, Zink und/oder Chrom.

Die mikrobiotische Mischung kann des Weiteren noch kläranlagentypische Mikroorganismen enthalten.

Wie bereits beschrieben, kommt es auf der Oberseite des spiralförmigen Füllkörpers 30 sehr schnell zu einer Biofilmbildung, wobei auf der Unterseite der Matte die Bildung eines Biofilms durch katalytische Aktivitäten mit starker Gasbildung (Wasserstoff oder Sauerstoff) verhindert werden.

Der photodynamische Abbau der organischen Bestandteile wird noch durch die photokatalytische Beschichtung des Siebkorbs 22 unterstützt. Wie insbesondere aus der vergrößerten Darstellung gemäß Figur 7 hervorgeht, ist der Siebkorb sowohl an seiner Innenumfangsfläche als auch an seiner Aussenumfangsfläche mit einer photokatalytisch wirksamen Schicht, beispielsweise Titandioxid beschichtet. Diese Schicht ist an der Innenumfangsfläche, d. h. an der dem Füllkörper 30 zugewandten Seite vollständig aufgetragen, während an der Aussenumfangsfläche gemäß den Figuren 5 und 7 das Titandioxid in Form von Streifen 48 aufgebracht ist, zwischen denen unbeschichtete Bereiche 50 verbleiben. Diese beschichteten und unbeschichteten Bereiche 48, 50 verlaufen in Längsrichtung des Siebkorbs 22. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel entspricht die Breite der Streifen 48 etwa dem Abstand von vier lochförmigen Durchbrüchen 26, während die Breite der unbeschichteten Bereiche 50 wesentlich kleiner ist und etwa dem Abstand zwischen zwei benachbarten Durchbrüchen 26 entspricht.

Im Zusammenwirken mit der katalytischen Beschichtung des Siebkorbs 22 und der vorbeschriebenen Beschichtung des wendelförmigen Füllkörpers 30 stellt sich über dem Bioreaktor ein vergleichsweise starkes elektromagnetisches Feld ein, das es ermöglicht, eine Spannung abzugreifen oder zum rotatorischen Antrieb des Füllkörpers 30 im Siebkorb 22 oder des gesamten Siebkorbs 22 zu verwenden.

10

Eine weitere Besonderheit des Bioreaktors 2 ist in Figur 8 dargestellt. Dem gemäß werden die kreisförmigen Durchbrüche 26 beim dargestellten Ausführungsbeispiel vorzugsweise durch Stanzen ausgebildet, wobei ein Stanzgrat 52 nach innen, d. h. zum Füllkörper 30 hin vorsteht. Die vorbeschriebene photokatalytisch wirksame Beschichtung 32 aus Tiatandioxid wird bei diesem Ausführungsbeispiel nach dem Ausstanzen der Durchbrüche 26 aufgebracht. Es zeigte sich, dass die Beschichtung im Bereich der äußerst scharfkantigen Stanzgrate 52 häufig nicht haftet, so dass diese Grate 52 unbeschichtet bleiben. Überraschender Weise lagert sich an diesen unbeschichteten Stanzgraten 52 während des Betrieb des Bioreaktors 2 vorzugsweise ein Biofilm 54 an - d. h., diese unbeschichteten Bereiche wirken somit als Keimzonen für die Ausbildung des Biofilms an der Innenumfangsfläche des Reaktors, so dass die Umsetzung der organischen Bestandteile weiter verbessert wird.

30 Anhand der schematischen Darstellung in Figur 9 sollen die der Ausbildung des elektromagnetischen Feldes zugrundeliegenden Mechanismen erläutert werden.

Figur 9 zeigt in stark idealisierter Form ein längliches Nanopartikel, das aus PZT-Fasern (Bleizirkonat-Bleititanat) hergestellt ist. Dieser

35

piezoelektrische Faserwerkstoff wird zunächst in einem elektrischen Gleichfeld in der dargestellten Pfeilrichtung polarisiert. Die lange Faser wird anschließend mit einer Titandioxidschicht versehen, wobei
5 diese Beschichtung beispielsweise durch Tauchen und Absaugen überflüssigen Materials erfolgt. Die Trocknung erfolgt bei 450°Celsius, wobei die Titandioxidschicht in eine photokatalytisch aktive Anatas-Phase überführt wird.

10 Nach dieser Beschichtung werden die einzelnen Partikel im elektromagnetischen Wechselfeld abgelängt, so dass die Stirnflächen 58 wieder unbeschichtet sind. Diese unbeschichteten Bereiche werden in einem folgenden Herstellungsschritt - beispielsweise durch Sputtern - mit
15 Aluminium oder dergleichen versehen, so dass das Nano-Partikel 56 im fertiggestellten Zustand aus stirnseitigen Polkappen, einer Titandioxidbeschichtung und einem piezoelektrischen Kern besteht.

20 Während des Betriebs des Bioreaktors werden die durch die Aluminiumkappen gebildeten Polenden 60, 62 durch Anlagerung von Kationen (links in Figur 9) und Anionen (rechts in Figur 9) als Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen ionisiert. Aufgrund dieser Ionisierung
25 der Polenden 60, 62 entwickelt sich ein vergleichsweise starkes elektromagnetisches Feld, dessen Feldlinien 64 in Figur 9 dargestellt sind.

Aufgrund der vergleichsweise kleinen Oberfläche der
30 Polenden 60, 62 lässt sich eine starke Zunahme der Feldstärke an diesen Polenden 60, 62 beobachten. Bei dieser elektrischen Spitzenwirkung kommt es im Bereich der Polenden 60, 62 zu einer Stoßionisation der Gasmoleküle durch bereits vorhandene Ladungsträger, die
35 in der Nähe dieser Polenden 60, 62 stark beschleunigt werden. Gleichzeitig mit dieser Entladung entsteht ein

"elektrischer Wind" der von den beiden Polenden 60, 62 wegbläst - das Nanopartikel 46 wirkt somit quasi wie eine "Photonenpumpe", durch die Photonen spontan emittiert werden, so dass an diesen Polenden 60, 62 blaue Lichtbündel 64 und rote Lichtbündel 66 entstehen.

Wie in dem Schema gemäß Figur 11 dargestellt, kommt es in einem ersten Schritt des photodynamischen Abbaus zu einer Einschlussflockung der organischen Bestandteile, wobei während dieser Einschlussflockung Energie freigesetzt wird.

Zur Überwindung von Grenzflächen zwischen den organischen Bestandteilen und dem Abwasser werden von den Mikroorganismen Bio-Tenside (Gallensäure) produziert, welche zur Kontaktflächenversäuerung führen. Diese Bio-Tenside sind von Mikroorganismen produzierte grenzflächenaktive Substanzen, die stabilisierend wirken und es den Bakterien ermöglichen, mit den Kontaminanten in Kontakt zu treten und sie aufzulösen. Durch eine Kontaktflächenversäuerung kommt es zur Erhöhung der Grenzflächenleitfähigkeit. An der Grenzfläche zwischen Flocke und Fluid bilden sich durch isomorphen Austausch von Gitteratomen negative Oberflächenladungen aus, die eine Anlagerung von Kationen des Elektrolyten zur Folge hat (Stern-Schicht). In der sich daran anschließenden Schicht bewirkt die Diffusion der Ionen eine allmähliche Erniedrigung der Kationen - und Erhöhung der Anionenkonzentration.

30

Der mikrobiotischen Mischung sind als weitere Bestandteile Nano-Composite-Materialien zugefügt. Es handelt sich dabei um piezoelektrisches Keramik-System aus PZT-Kurzfasern mit einer Länge von 20 bis 50 mm. Diese Kurzfasern sind photokatalytisch beschichtet, wobei als Beschichtungsmaterial Titandioxid oder IndiumZinnoxid

verwendet wird. Durch die Eigenschwingung dieser Elemente bei 50 bis 500 Kilohertz kommt es zur Phosphoreszenz, einer Form der Lumineszenz, bei der im Gegensatz zur Fluoreszenz die Emission von Licht mit einer zeitlichen
5 Verzögerung erfolgt. Durch diese Anregung wird Energie in Form von Strahlung meist größerer Wellenlänge (354 bis 450 nm) abgegeben.

Durch die freigesetzte Schwingungsenergie kommt es
10 zum phosphorisieren der Pilze durch Anregung und zu der biokatalytischen Reaktion der Biolumineszenz von Bakterien (*Vibrio fischeri*). Durch diese Biolumineszenz kommt es zu einer Freisetzung von fluoreszierenden Protein (sea Anemone[®] *Anemonia sulcata*), welches hellrot
15 (633 nm) unter blauem Licht fluoresziert.

Durch die Mikroorganismen werden Farbpigmente, beispielsweise *Monascus pururus*, *Limicola-Nadson* (Zellfarbstoff 2145) und *Pseudomonas fluorescens*
20 freigesetzt. Mit Hilfe des Bakteriochlorophylls (Cyanobakterien) kommt es zur Chlorophyll A Reaktion mit einer starken grünen Fluoreszenz bei 684 nm. Durch Wechselwirkung mit kaltem blauen Licht kommt es zum Elektronentransfer im Purpurbakterium und zur Freisetzung
25 von Sauerstoff. Durch die Porphyrinsynthese der Cyanobakterien in Verbindung mit Mikroalgen der Spezies (*Chlorella vulgaris*) und Chitosanlactat sowie durch die Absorption von kaltem blauen Licht (469 bis 505 nm) wird PpIX ähnlich wie eine kleine Batterie aufgeladen und kann
30 so einen Teil der Energie auf normalen Sauerstoff übertragen. Diese "Bio-Brennstoffzellen" nutzen zudem den Zuckerstoffwechsel, indem sie mit Hilfe von Biokatalysatoren Elektronen vom Zucker auf den Sauerstoffwechsel übertragen.

Parallel zur Energieanreicherung des durch Photosynthese gebildeten Sauerstoffs wird reaktionfreudiger Singulett-Sauerstoff freigesetzt.

5 Dieses "nicht-mechanische Zellaufschlussverfahren" setzt vermehrt organisches Material frei und leistet bei deutlich niedrigerem Energieeinsatz vor allem bei gram-positiven Bakterien einen sehr hohen Aufschlussgrad.

10 Die Teil-Mineralisation erfolgt durch den vollständigen anoxischen Abbau der organischen Substanzen in einem Spannungsfeld von 1200 bis 1500 mV. Dieses Spannungsfeld wird aufgebaut zwischen dem hellrot fluoreszierenden Licht (633 nm) und der grünen
15 Chlorophyll-Fluoreszenz (634 nm).

Während der Mineralisation kommt es zur spontanen Humifizierung, wobei die Schadstoffe und deren Metaboliten biologisch stabilisiert und nicht re-
20 immobilisierbar werden.

Abschließend erfolgt eine vollständige Mineralisation durch Mikroorganismen zu mineralischen (anorganischen) chemischen Verbindungen. Dadurch werden der primär durch
25 Photosynthese in Biomasse festgelegte Kohlenstoff wieder als Kohlendioxid frei (Kohlenstoffkreislauf) und der organisch gebundene Stickstoff, Schwefel und das Phosphat als oxidierte oder reduzierte anorganische Verbindung abgespalten (Stickstoffkreislauf, Schwefelkreislauf), so
30 dass sie der Umwelt erneut als Nährstoffe (Mineralstoffe, Nährsalze) verfügbar sind.

Mit der erfindungsgemäßen biologischen Stufe läßt sich der organische Anteil der Trockensubstanz (TS) im
35 Siebkorb (Bioreaktor) durch den Abbau der hemmenden Stoffe und durch die Freisetzung von Sauerstoff und

Energie auf weniger als 10 % der Trockensubstanz verringern. Der durch die Energieanreicherung des Sauerstoff freigesetzte reaktionsfreudige Singulett-Sauerstoff oxidiert beispielsweise Hormonrückstände und Antibiotika äußerst effektiv. Nach wenigen Sekunden werden organische Substanzen durch Desintegration umgesetzt und nachfolgend unschädlich gemacht. Der Biofilm an der Oberseite des wendelförmigen Einsatzes baut in dessen die abwassergelösten Stoffe ab.

10

Offenbart ist ein Bioreaktor mit einem Siebkorb, in dessen Inneren ein Füllkörper aufgenommen ist, der aus einem porösen Träger mit großer spezifischer Oberfläche besteht. In diesen Siebkorb wird eine Mikroorganismenmischung vorzugsweise mit einem Anteil photosynthetisch wirkender und einem Teil lichtemittierender Mikroorganismen eingebracht, so dass ein photodynamischer Abbau organischer Substanzen erfolgt. Die Mikroorganismenmischung enthält erfindungsgemäß einen Anteil an photokatalytisch wirksamen Nanopartikeln.

15
20

Bezugszeichenliste:

| | | |
|----|----|-------------------------|
| | 1 | Kleinkläranlage |
| 5 | 2 | biologische Stufe |
| | 4 | mechanische Stufe |
| | 6 | Dreikammer-Absetzgrube |
| | 8 | Trennwand |
| | 10 | Kammer |
| 10 | 12 | Kammer |
| | 14 | Zulauf |
| | 16 | Durchbruch |
| | 18 | Flüssigkeitsspiegel |
| | 20 | Ablauf |
| 15 | 22 | Siebkorb |
| | 24 | Vertikalführung |
| | 26 | Durchbruch |
| | 28 | Stirnfläche |
| | 30 | Füllkörper |
| 20 | 32 | Beschichtung |
| | 34 | Lager |
| | 36 | Mantel |
| | 38 | Auftriebskörper |
| | 40 | Sitzkörper |
| 25 | 42 | Stahlrohr |
| | 44 | Rundstab |
| | 46 | Matte |
| | 48 | Streifen |
| | 50 | unbeschichtete Bereiche |
| 30 | 52 | Stanzgrat |
| | 54 | Biofilm |
| | 56 | Nanopartikel |
| | 58 | Stirnfläche |
| | 60 | Polende |
| 35 | 62 | Polende |
| | 64 | blaues Licht |

66 rotes Licht

Patentansprüche

1. Bioreaktor zur Behandlung von belastetem kommunalen
5 oder industriellen Abwasser, oder von mit organischen
Schadstoffen belasteten Fluiden insbesondere für eine
Kleinkläranlage, wobei Mikroorganismen zum Abbau von
organischen Schadstoffen enthalten sind,
gekennzeichnet durch einen Behälter (22) mit
10 zumindest einer Ausnehmung (26) zum Durchtritt des zu
behandelnden Abwassers, in dessen Inneren ein
Füllkörper (30) mit einem großen Porenvolumen sowie
eine mikrobiotische Mischung, vorzugsweise mit einem
Anteil photosynthetisch wirkender und einem Anteil
15 lichtemittierender Mikroorganismen, vorgesehen ist.
2. Bioreaktor nach Patentanspruch 1, wobei der
Füllkörper (30) spiralförmig ausgebildet ist.
- 20 3. Bioreaktor nach Patentanspruch 2, wobei der
Durchmesser des spiralförmigen Füllkörpers (30) axial
zur Flüssigkeitsoberfläche hin größer wird.
4. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden
25 Patentansprüche, wobei der Füllkörper (30) eine
Tragschicht hat, auf der ein Schaummaterial
aufgebracht ist.
5. Bioreaktor nach einem der Patentansprüche 1 bis 3,
30 wobei der Füllkörper (30) eine, vorzugsweise
gitterförmige, Doppelwandung hat, zwischen der ein
Schaummaterial angeordnet ist.
6. Bioreaktor nach einem der Patentansprüche 1 bis 3,
35 wobei der Füllkörper aus einem Keramikmaterial mit
großem Porenvolumen besteht.

7. Bioreaktor nach Patentanspruch 4 oder 5, wobei das Schaummaterial, vorzugsweise PU-Schaum, mit einer katalytisch wirkenden Oberfläche, beispielsweise mit Aktivkohle oder dergleichen versehen ist.
8. Bioreaktor nach Patentanspruch 7, wobei Mikroorganismen auf eine Oberfläche des Füllkörpers (30) aufgebracht oder die Mikroorganismen zentral in das Innere des Siebkorbs (22) eingeführt werden.
9. Bioreaktor nach Patentanspruch 8, wobei die Mikroorganismen in einem Trägerstoff, beispielsweise Chitosan oder ein Biopolymer, beispielsweise Milchsäurepolymer aufgenommen sind.
10. Bioreaktor nach Patentanspruch 9, wobei die mikrobiotische Mischung zusätzlich zu den Mikroorganismen noch Nanopartikel enthält.
11. Bioreaktor nach einem der auf die Patentansprüche 7 und 8 zurückbezogenen Ansprüche, wobei der Füllkörper (30) einerseits mit der mikrobiotischen Mischung und andererseits mit einer die Bildung eines Biofilms unterstützenden Schicht, beispielsweise mit Aktivkohle versehen ist.
12. Bioreaktor nach einem der Patentansprüche 2 bis 11, wobei die Behälterwandungen (36) und/oder Oberflächenbereiche des Füllkörpers (30) mit einer photokatalytisch wirksamen Schicht beschichtet ist.
13. Bioreaktor nach Patentanspruch 10, wobei die Schicht Titandioxid oder Indiumzinnoxid ist.

14. Bioreaktor nach Patentanspruch 12 oder 13, wobei die photokatalytische Schicht auf die Innenumfangsfläche des Behälters (22) weitgehend durchgängig und auf die Aussenumfangsfläche abschnittsweise aufgebracht ist.

5

15. Bioreaktor nach Patentanspruch 14, wobei die photokatalytische Schicht auf der Aussenumfangsfläche streifenförmig aufgebracht ist, wobei diese vorzugsweise in Längsrichtung verlaufen.

10

16. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei Durchbrüche (26) des Behälters (22) gestanzt sind, so dass Stanzgrate (52) nach Innen vorstehen und die photokatalytische Beschichtung (32) nach dem Stanzen aufgebracht ist.

15

17. Bioreaktor einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei der Behälter (22) zylinderförmig ausgebildet ist und stirnseitig mit zumindest einer Ausnehmung zum Flüssigkeitsdurchtritt versehen ist.

20

18. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei der Behälter (22) oder der Füllkörper drehbar gelagert ist.

25

19. Mikrobiotische Mischkultur zum Abbau organischer Bestandteile in Fluiden, insbesondere zur Verwendung in einem Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Anteil an photosynthetisch arbeitenden und einem Anteil an lichtemittierenden Mikroorganismen in einer biologischen Lösung, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischkultur einen Anteil an piezoelektrisch wirksamen Nano-Composite-Materialien enthält, deren Oberfläche mit einer photokatalytisch wirksamen Schicht versehen ist.

35

20. Mischkultur nach Patentanspruch 19, wobei das Nano-Composite-Material eine faserförmige Struktur mit einer Länge von 20 bis 100 nm und einen Durchmesser von 2 bis 10 nm hat.

5

21 Mischkultur nach Patentanspruch 19 oder 20, wobei die Beschichtung aus Titandioxid oder Indiumzinnoxid enthält.

10 22. Mischkultur nach einem der Patentansprüche 19 bis 21, wobei die Beschichtung der Nano-Composite-Materialien zum Ausbilden von Polstellen mehrfach durchbrochen ist.

15 23. Mischkultur nach Patentanspruch 20 und 22, wobei die Beschichtung der Nano-Composite-Partikel stirnseitig unterbrochen ist und an den beiden Stirnseiten jeweils ein Pol (60, 62) ausgebildet ist.

20 24. Nachrüstsatz für eine Kleinkläranlage, mit einem Bioreaktor (2) nach einem der Patentansprüche 1 bis 18 und mit einer mikrobiotischen Mischkultur nach einem der Patentansprüche 19 bis 23.

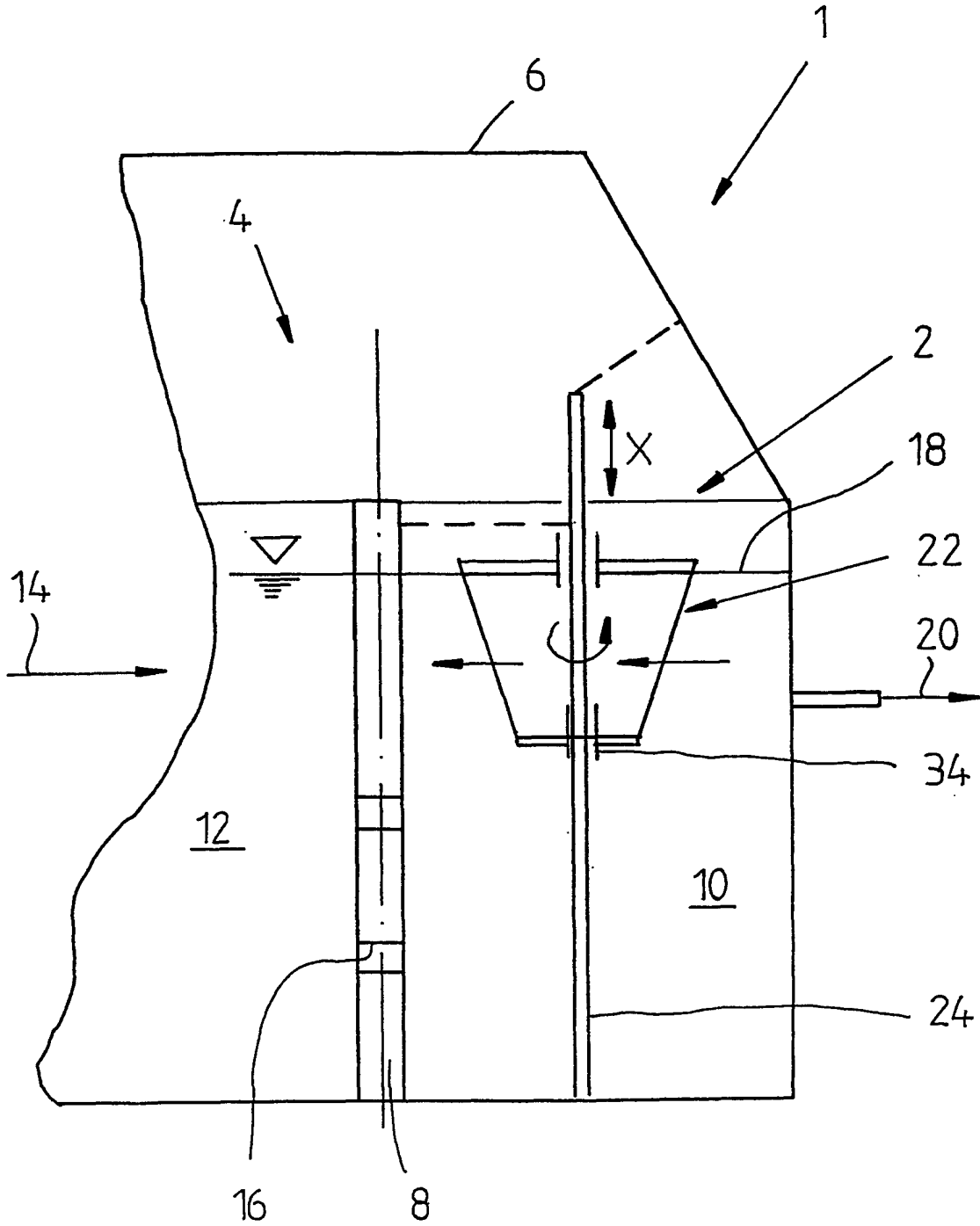
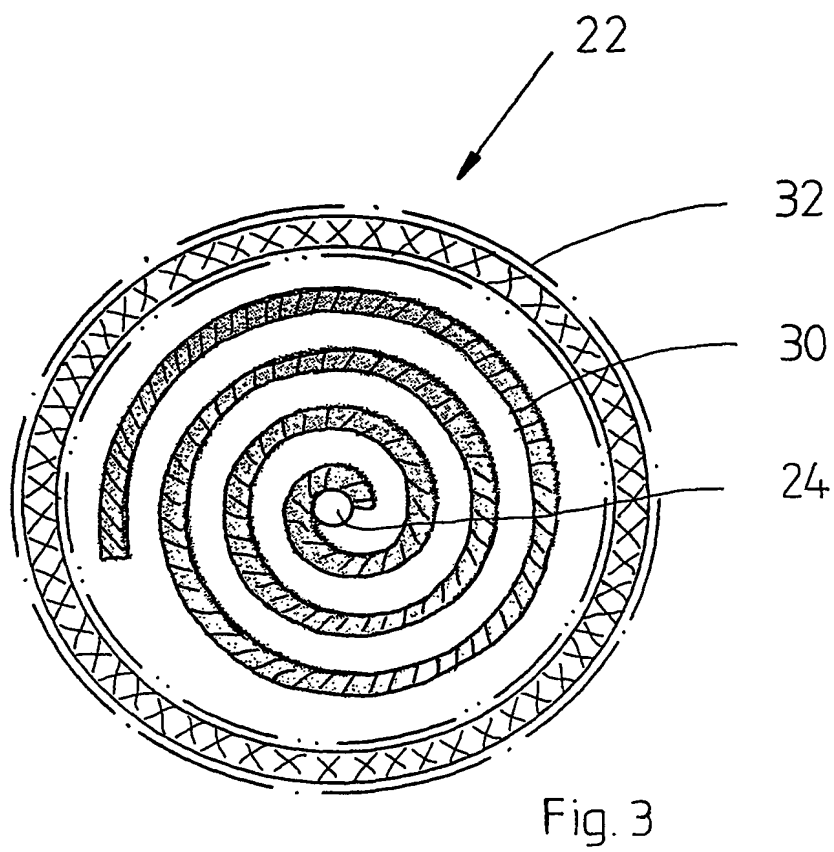
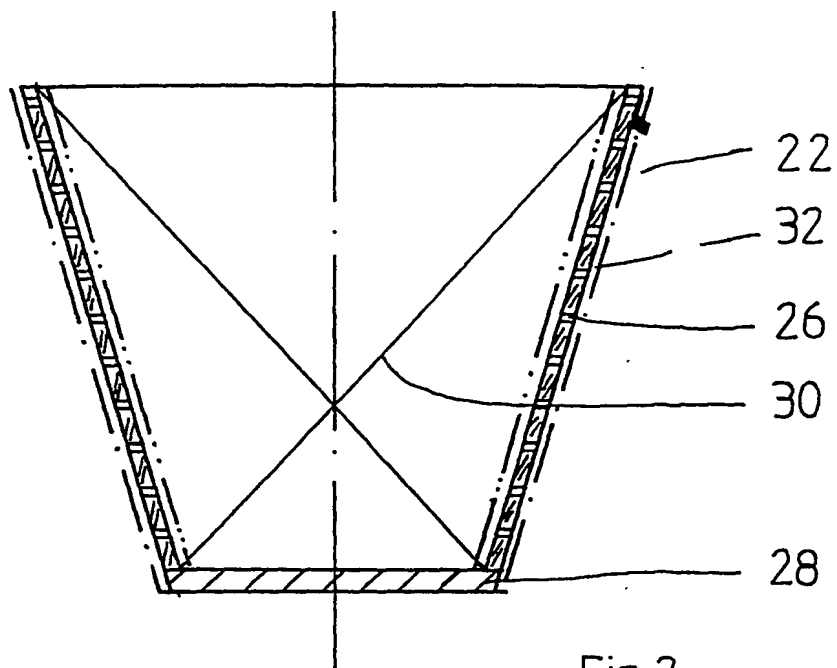


Fig.1



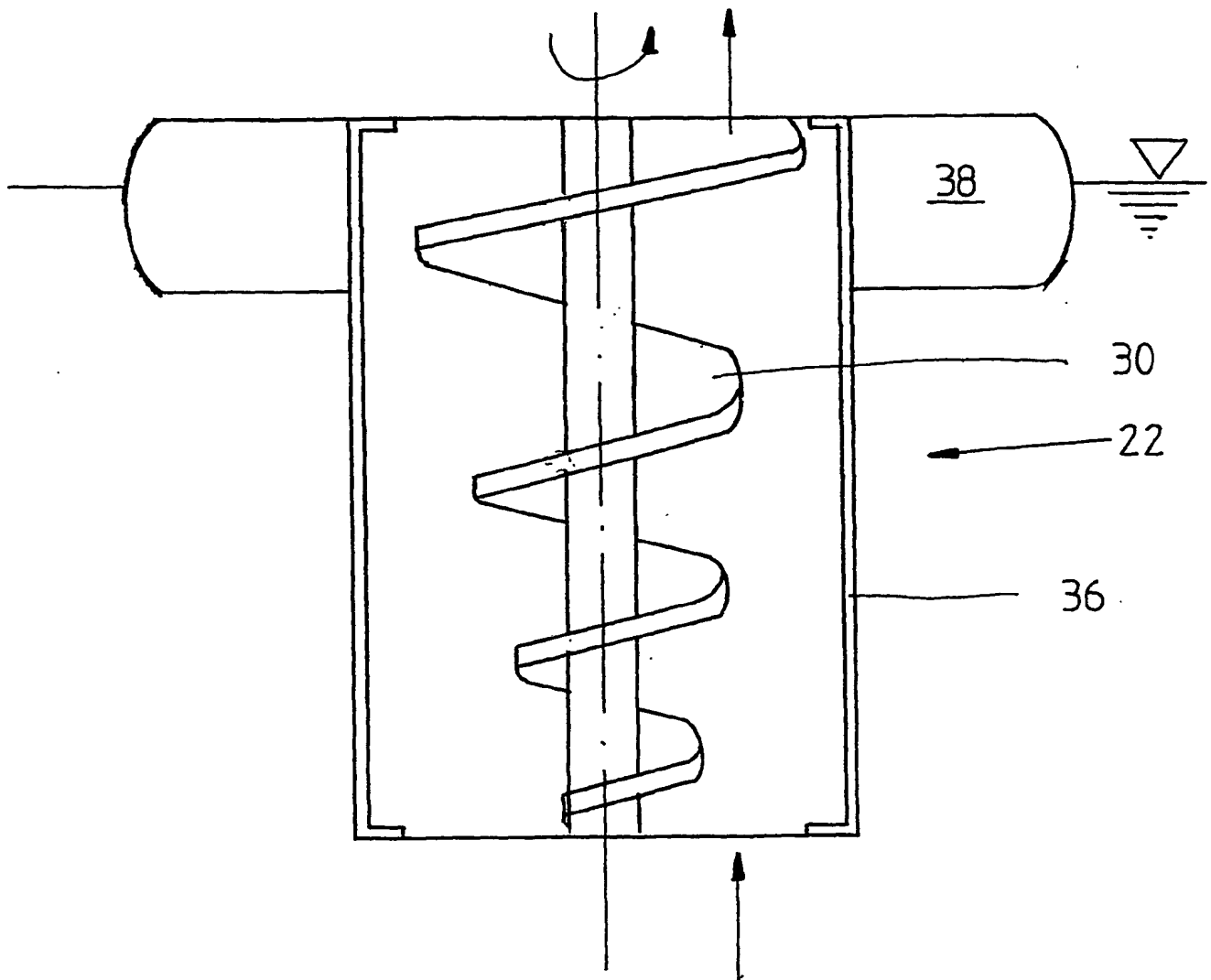


Fig. 4

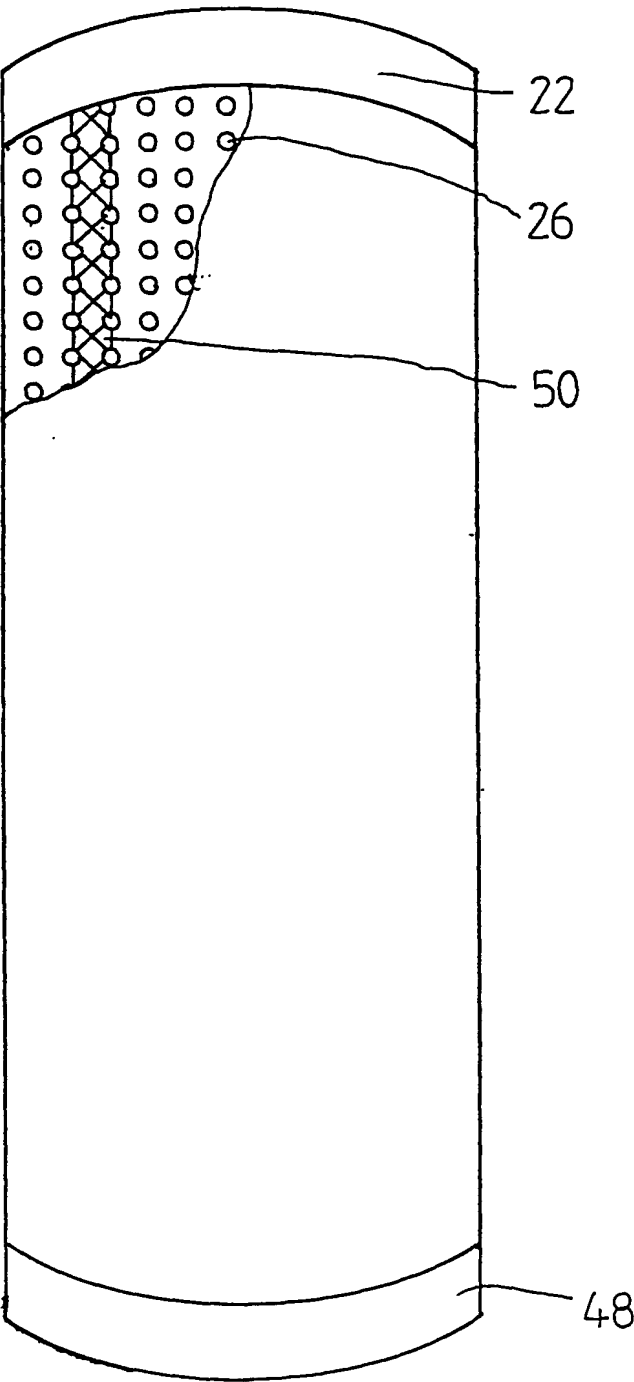


Fig. 5

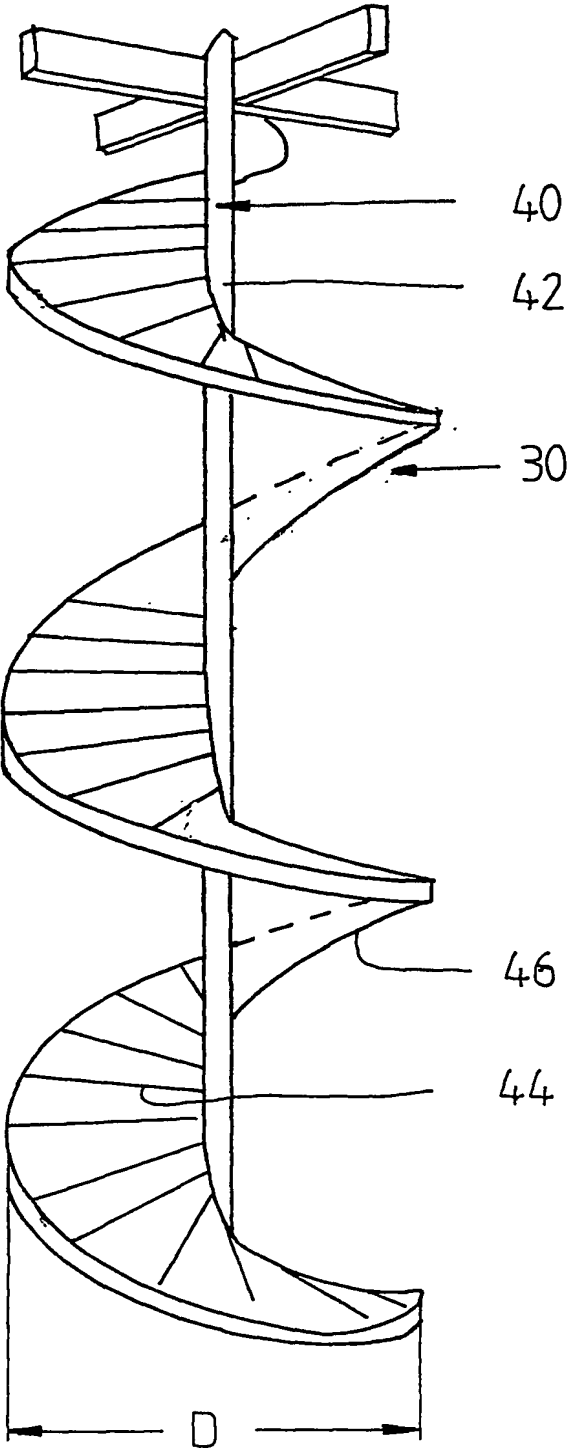


Fig. 6

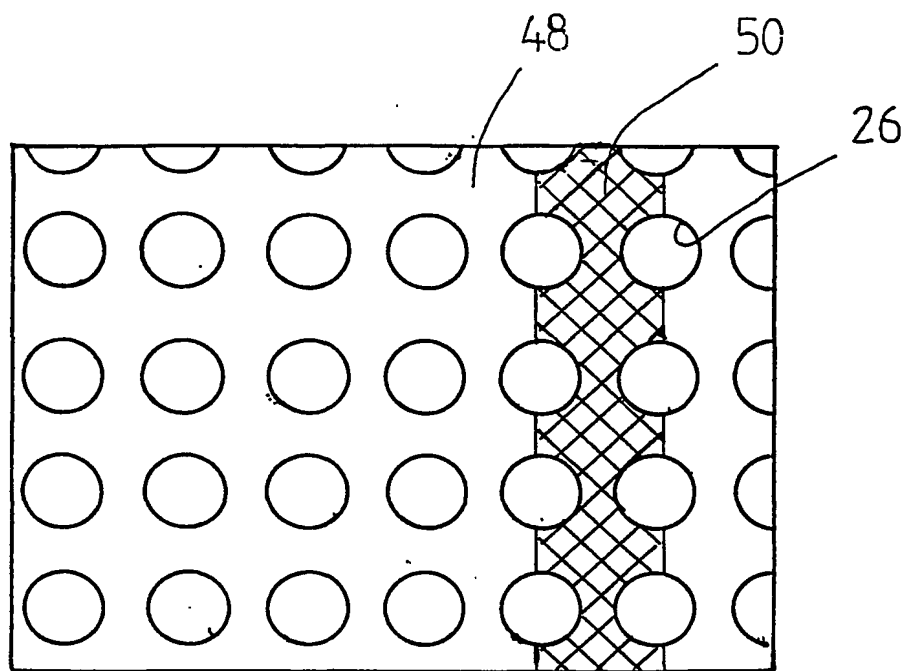


Fig. 7

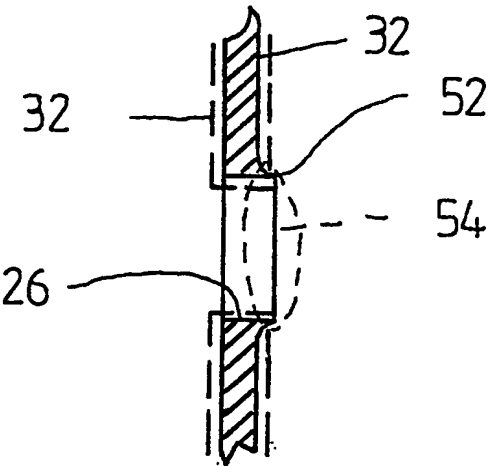


Fig. 8

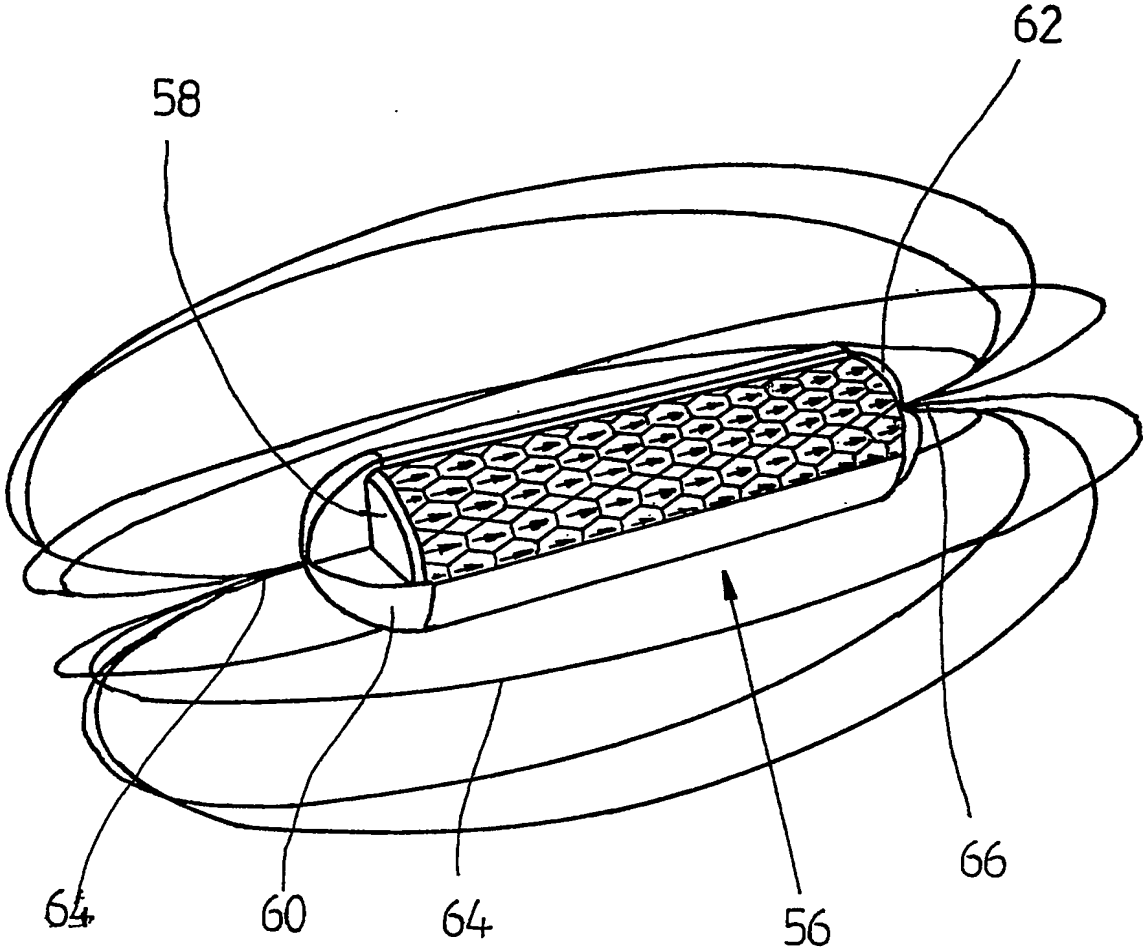


Fig. 9

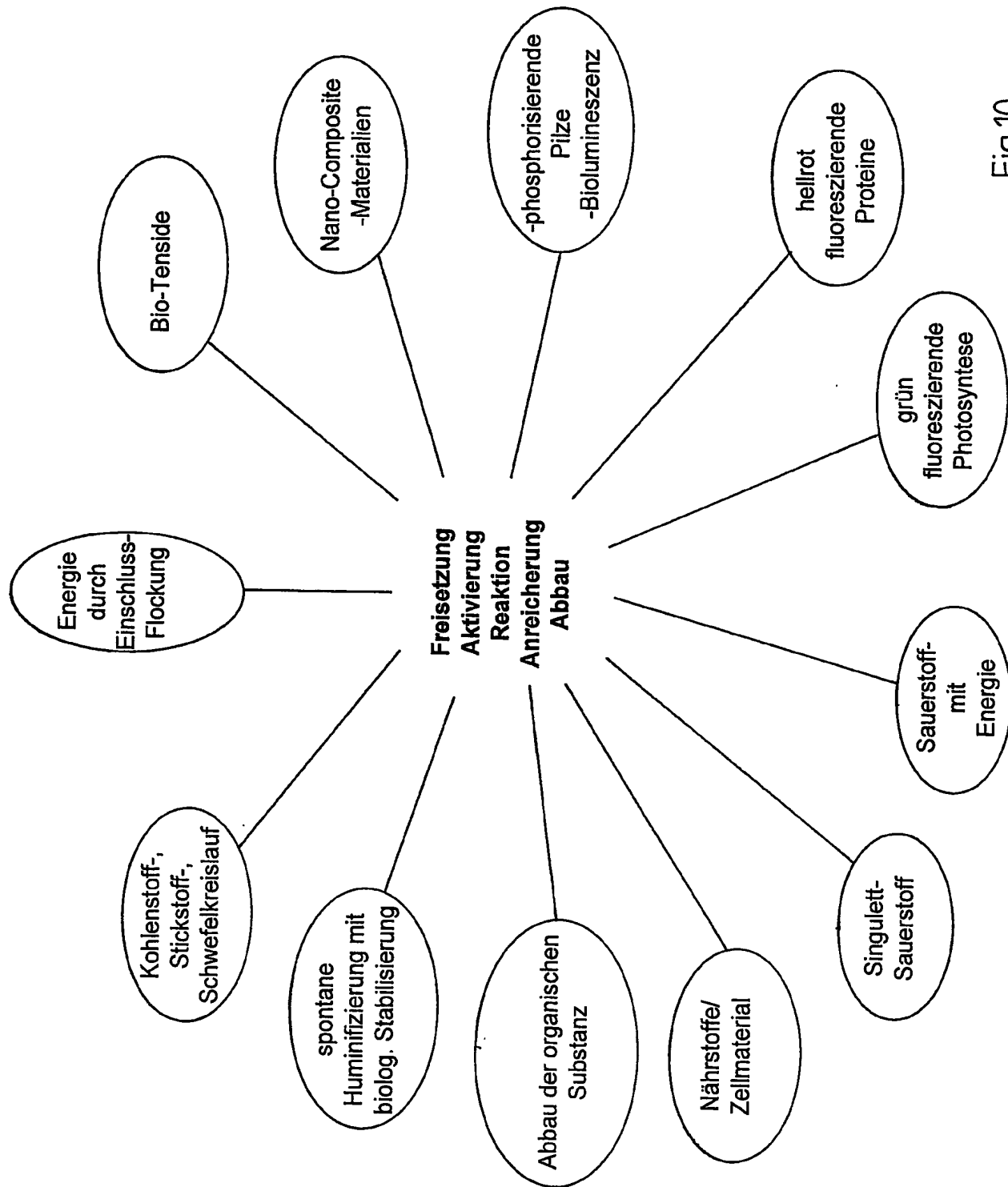


Fig.10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/001491

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C02F3/10 C02F3/06 C02F3/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 C02F C12M C12N B01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, BIOSIS, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|------------------------------|
| X | WO 03/045848 A (FRITZMEIER GEORG GMBH & CO ; UPHOFF CHRISTIAN (DE)) 5 June 2003 (2003-06-05) | 1-3,6, 10,12, 13,17-24 |
| Y | page 3 page 5, paragraph 3 - page 11; figures 1-3 | 14-16 |
| X | DE 101 18 839 A (FRITZMEIER GEORG GMBH & CO) 24 October 2002 (2002-10-24) | 1-3,6, 10,12, 13,17-24 |
| | paragraphs '0039! - '0047!; claims 7,8 | |
| X | WO 92/06043 A (ALLIED SIGNAL INC) 16 April 1992 (1992-04-16) | 1,4,5, 7-9,11 |
| Y | page 11, line 22 - page 12, line 11; claims 1-12; examples 6-9 page 16, line 12 - page 17 | 14-16 |
| | -/-- | |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 October 2004

Date of mailing of the international search report

03/11/2004

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Glod, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/001491

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X | DE 197 05 896 C (ENVICON KLAERTECH VERWALT) 25 June 1998 (1998-06-25) column 4, line 34 - line 68; claims 16-19; figures 1,1a,1b ----- | 1-3,17, 18 |
| E | WO 2004/065307 A (FRITZMEIER GEORG GMBH & CO ; UPHOFF CHRISTIAN (DE)) 5 August 2004 (2004-08-05) page 5, line 21 - page 7, line 7; claims 1-18; figures 1,2 ----- | 1-15, 17-24 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/001491

| Patent document cited in search report | | Publication date | | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---------------------|----|----------------------------|---------------------|
| WO 03045848 | A | 05-06-2003 | DE | 10157191 A1 | 05-06-2003 |
| | | | CA | 2467963 A1 | 05-06-2003 |
| | | | WO | 03045848 A2 | 05-06-2003 |
| | | | EP | 1444170 A2 | 11-08-2004 |
| DE 10118839 | A | 24-10-2002 | DE | 10118839 A1 | 24-10-2002 |
| WO 9206043 | A | 16-04-1992 | WO | 9206043 A1 | 16-04-1992 |
| DE 19705896 | C | 25-06-1998 | DE | 19705896 C1 | 25-06-1998 |
| WO 2004065307 | A | 05-08-2004 | DE | 10301858 A1 | 29-07-2004 |
| | | | WO | 2004065307 A2 | 05-08-2004 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/001491

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 C02F3/10 C02F3/06 C02F3/34

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte(r) Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C02F C12M C12N B01J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, BIOSIS, COMPENDEX, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|------------------------------|
| X | WO 03/045848 A (FRITZMEIER GEORG GMBH & CO ; UPHOFF CHRISTIAN (DE)) 5. Juni 2003 (2003-06-05) | 1-3,6, 10,12, 13,17-24 |
| Y | Seite 3 Seite 5, Absatz 3 - Seite 11; Abbildungen 1-3 | 14-16 |
| X | DE 101 18 839 A (FRITZMEIER GEORG GMBH & CO) 24. Oktober 2002 (2002-10-24) | 1-3,6, 10,12, 13,17-24 |
| | Absätze '0039! - '0047!; Ansprüche 7,8 | |
| X | WO 92/06043 A (ALLIED SIGNAL INC) 16. April 1992 (1992-04-16) | 1,4,5, 7-9,11 |
| Y | Seite 11, Zeile 22 - Seite 12, Zeile 11; Ansprüche 1-12; Beispiele 6-9 Seite 16, Zeile 12 - Seite 17 | 14-16 |
| | ----- -/- | |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. Oktober 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

03/11/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Glod, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/001491

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|--|--|--------------------|
| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| X | DE 197 05 896 C (ENVICON KLAERTECH VERWALT) 25. Juni 1998 (1998-06-25) Spalte 4, Zeile 34 - Zeile 68; Ansprüche 16-19; Abbildungen 1,1a,1b ----- | 1-3,17, 18 |
| E | WO 2004/065307 A (FRITZMEIER GEORG GMBH & CO ; UPHOFF CHRISTIAN (DE)) 5. August 2004 (2004-08-05) Seite 5, Zeile 21 - Seite 7, Zeile 7; Ansprüche 1-18; Abbildungen 1,2 ----- | 1-15, 17-24 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001491

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------------------------|
| WO 03045848 | A | 05-06-2003 | DE | 10157191 A1 | 05-06-2003 |
| | | | CA | 2467963 A1 | 05-06-2003 |
| | | | WO | 03045848 A2 | 05-06-2003 |
| | | | EP | 1444170 A2 | 11-08-2004 |
| DE 10118839 | A | 24-10-2002 | DE | 10118839 A1 | 24-10-2002 |
| WO 9206043 | A | 16-04-1992 | WO | 9206043 A1 | 16-04-1992 |
| DE 19705896 | C | 25-06-1998 | DE | 19705896 C1 | 25-06-1998 |
| WO 2004065307 | A | 05-08-2004 | DE | 10301858 A1 | 29-07-2004 |
| | | | WO | 2004065307 A2 | 05-08-2004 |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ ~~FADED TEXT OR DRAWING~~
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.